

ТЕХНИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ТЕРМИЧЕСКОЙ ПЕЧИ И ЕЕ ОСОБЕННОСТИ

Попова А.А., Лошкарев Н.Б.

Термическая печь предназначена для равномерного нагрева сварных металлоконструкций различных размеров и форм под термообработку. Печь позволяет в автоматическом режиме обеспечивать нагрев металлоконструкций по заданному графику в диапазоне температур от 20 до 700 °С. Максимальный вес садки 15 т.

Главные особенности печи

1. Конструкция выкатного пода.

Выкатной под выполнен в виде самоходной тележки с размещенным на ней мотор-редуктором 6МЦЗВ-107ES (электродвигатель мощностью 5,5 кВт со встроенным электромагнитным тормозом). Уплотнение пода с основанием печи осуществляется с помощью подвижной рамы, приводимой в действие двумя механизмами электрическими прямоходными МЭП-С2-5/22-200-ЦШ-НВ-А (с электродвигателями мощностью 0,37 кВт), установленными с двух сторон от выкатного пода под основанием печи. Максимальный рабочий ход – 200 мм. При включении механизмов электрических прямоходных МЭП-С2-5/22-200-ЦШ-НВ-А (работающих синхронно) осуществляется подъем подвижной рамы (уплотнение пода) в целях дополнительной герметизации рабочего пространства печи.

Выкатной под выложен огнеупорным кирпичом в виде стенок-перегородок, ячейки между которыми заполнены керамзитом для уменьшения массы пода, сверху на керамзите также выложен слой огнеупорного кирпича. На кирпичном основании выкатного пода размещаются жаропрочные литые лежки (всего 7 штук), на которых, собственно, и устанавливают садку (сварные металлоконструкции) для термообработки. При пусконаладочных работах выяснилось, что механизм выкатного пода (мотор-редуктор 6МЦЗВ-107ES) обеспечивает плавное передвижение выкатного пода как в ненагруженном состоянии, так и с грузом (имитация садки 15 т).

Привод заслонки (мотор-редуктор МЦЧ-250М) плавно, без рывков производит подъем-опускание заслонки, а механизмы UAL3 RL1 при опущенной заслонке печи осуществляют ее поджим и герметизацию рабочего пространства.

2. Рециркуляция продуктов сгорания.

Для создания равномерного поля температур при низких температурах (до ~100 °С, задается программными средствами) применяется система рециркуляции продуктов сгорания. Система рециркуляции состоит из высокотемпературного вентилятора с температурой применения до 700 °С, установленного на металлоконструкциях над сводом печи, камеры подогрева рециркулята, оборудованной горелкой ВЮ 125Н, переточных труб и двух коллекторов переменного сечения со щелевыми отверстиями. Горелка снабжена электродами розжига и контроля пламени и обеспечивает плавное регулирование мощности при минимальном коэффициенте избытка воздуха, поддерживаемом с помощью регулятора соотношения «газ–воздух»

VAG240R/NWAE. Горелка – с предварительным перемешиванием, горючая газовоздушная смесь образуется за газовой головкой, где смешиваются истекающий из головки природный газ и закрученный с помощью завихрителя воздух. Этим предотвращается образования взрывоопасной смеси в газопроводе (закручивание потоков воздуха и способствует перемешиванию газ с воздух). Коллектора размещены внутри печи вдоль боковых стен, причем один размещен под сводом печи, второй (у противоположной стены) – у основания печи.

С помощью рециркуляционного вентилятора дымовые газы отводятся из печи и вновь подаются в нее после камеры подогрева – через щели в коллекторах, установленных у боковых стен (на поду и под сводом печи). Равномерное истечение рециркулята по длине коллекторов способствует созданию устойчивого (без перекосов) циркуляционного контура дымовых газов в рабочем пространстве печи и, как следствие, созданию равномерного поля температур в печи. Для проверки скорости истечения рециркулята с помощью пневмометрической трубки определялся динамический напор истекающего потока рециркулята (во всех 12 щелях по длине коллекторов) при различных оборотах двигателя рециркуляционного вентилятора. Результаты замеров представлены на рис. 1. Наблюдается картина равномерных динамических напоров по длине коллекторов (т.е. приблизительно одинаковых скоростей истечения) при скоростях двигателя рециркуляционного вентилятора не более 2000 об/мин, поэтому целесообразно при работе печи устанавливать показатель работы частотного привода рециркуляционного вентилятора ~ 50 %. При этом следует ожидать, что будет иметь место наиболее равномерное температурное поле в рабочем пространстве. По рекомендациям поставщика при температуре в печи выше 600 °C обороты двигателя рециркуляционного вентилятора не должны превышать 10 % от номинала. Соответственно в системе автоматики заведен основной режим – 50 % (при температуре в печи до 550 °C) и снижение оборотов двигателя до 10 % при температуре выше 550 °C.

3. Система отопления печи.

Система отопления печи спроектирована на базе двенадцати автоматизированных скоростных рекуперативных горелок REKUMAT M250 фирмы WS (Германия) номинальной тепловой мощностью 160 кВт.

Основные преимущества применения рекуперативных горелок:

- автоматический запуск и останов печи, контроль наличия пламени, тестирование неисправностей, проверка герметичности клапанов перед запуском и безопасного режима работы обеспечивается конструкцией горелок и автоматическим блоком управления;

- высокая скорость выхода продуктов горения из горелки (~150 м/с) при правильном расположении горелок обеспечивает создание контуров интенсивной циркуляции печной атмосферы, что способствует выравниванию температуры в рабочем пространстве печи и в садке;

- встроенные в горелки рекуперативные теплообменники позволяют вернуть в печь примерно 50 % тепла уходящих дымовых газов, тем самым существенно сократить потребление газа;

- за счет ступенчатого сжигания газа в горелках обеспечивается низкая эмиссия NO_x в атмосферу.

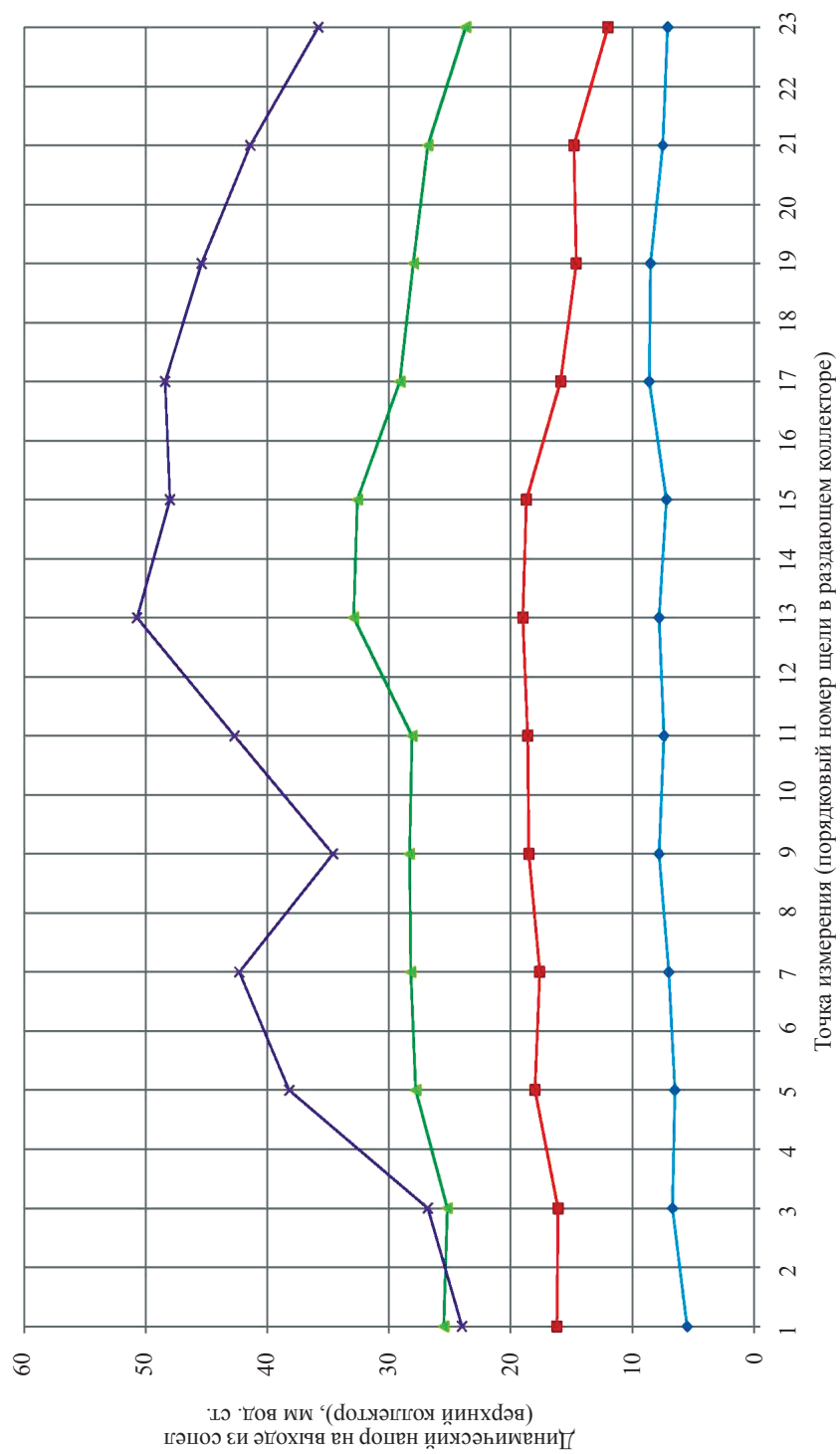


Рис. 1.

Основные горелки установлены на боковых стенах печи по 6 штук на каждой стороне, на правой стене печи горелки устанавливаются над садкой, на левой – ниже садки. Это позволяет создать вместе с системой рециркуляции циркуляционные контуры газовых потоков, обеспечивающие равномерный нагрев садки.

4. Автоматическая система управления техпроцессом.

АСУ ТП выполнена на базе универсального контроллера SIMATIC S7-300 с модульными станциями удаленного ввода/вывода – SCADA системы SIMATIC WinCC. В помещении операторской установлено автоматизированное рабочее место оператора печи.

АСУ ТП обеспечивает управление печью по 10 заданным (разработанным технологами предприятия) программам термообработки, выбор программы осуществляется оператором. Вся информация о работе печи, состоянии систем, оборудования, уставки и коэффициенты ПИД-регуляторов выводится на экран монитора. Информация отображается на экране в виде мнемосхем, на которых отслеживается текущее состояние всех механизмов печи, текущие технологические параметры и изменение их во времени. Система позволяет управлять работой любого механизма в автоматическом и ручном режимах.

Температурные режимы и равномерность нагрева обеспечиваются за счет:

- рециркуляции продуктов сгорания с возможностью их подогрева до заданной температуры в камере подогрева рециркулята при плавном регулировании тепловой мощности горелки BIO 125H;
- одновременной работы рециркуляционной системы с основной системой отопления печи с помощью горелок REKUMATM250;
- применения импульсного управления температурой в каждой из 12 зон отопления за счет включения-выключения скоростных горелок REKUMATM250 в автоматическом режиме.

Одним из самых важных показателей работы термических печей является равномерность нагрева, т.е. равномерное распределение температур по поверхности и объему нагреваемых изделий в процессе нагрева, а главное во время выдержки.

В данной печи, где могут нагреваться металлоконструкции различной формы и массы, равномерный нагрев поверхности изделий может быть достигнут за счет равномерного распределения температуры греющих газов во всем объеме рабочего пространства и длительной выдержкой металла при конечной и постоянной температуре поверхности. Таким образом, при равномерном распределении температур газов в рабочем пространстве, в печи обеспечивается равномерный нагрев изделий любой формы, а равномерность окончательного распределения температур по всей массе металла определяется длительностью выдержки.

Для определения равномерности температурного поля газов во всем объеме рабочего пространства в ОАО «ВНИИМТ» была разработана и изготовлена специальная металлическая рама, которая может передвигаться вдоль печи по рельсам. Для этого на полу печи был смонтирован временный рельсовый путь, а также система дистанционного передвижения рамы.

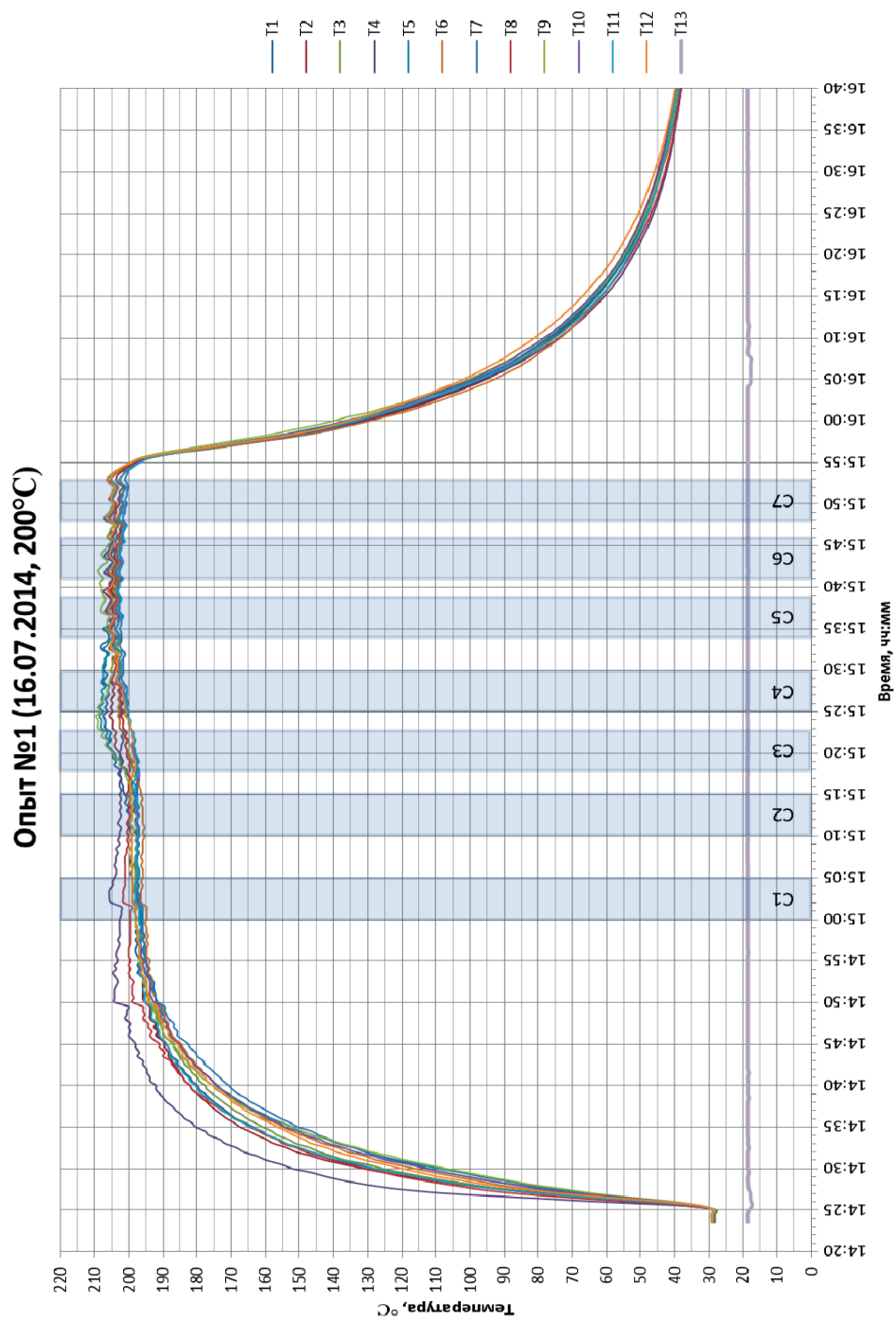


Рис. 2.

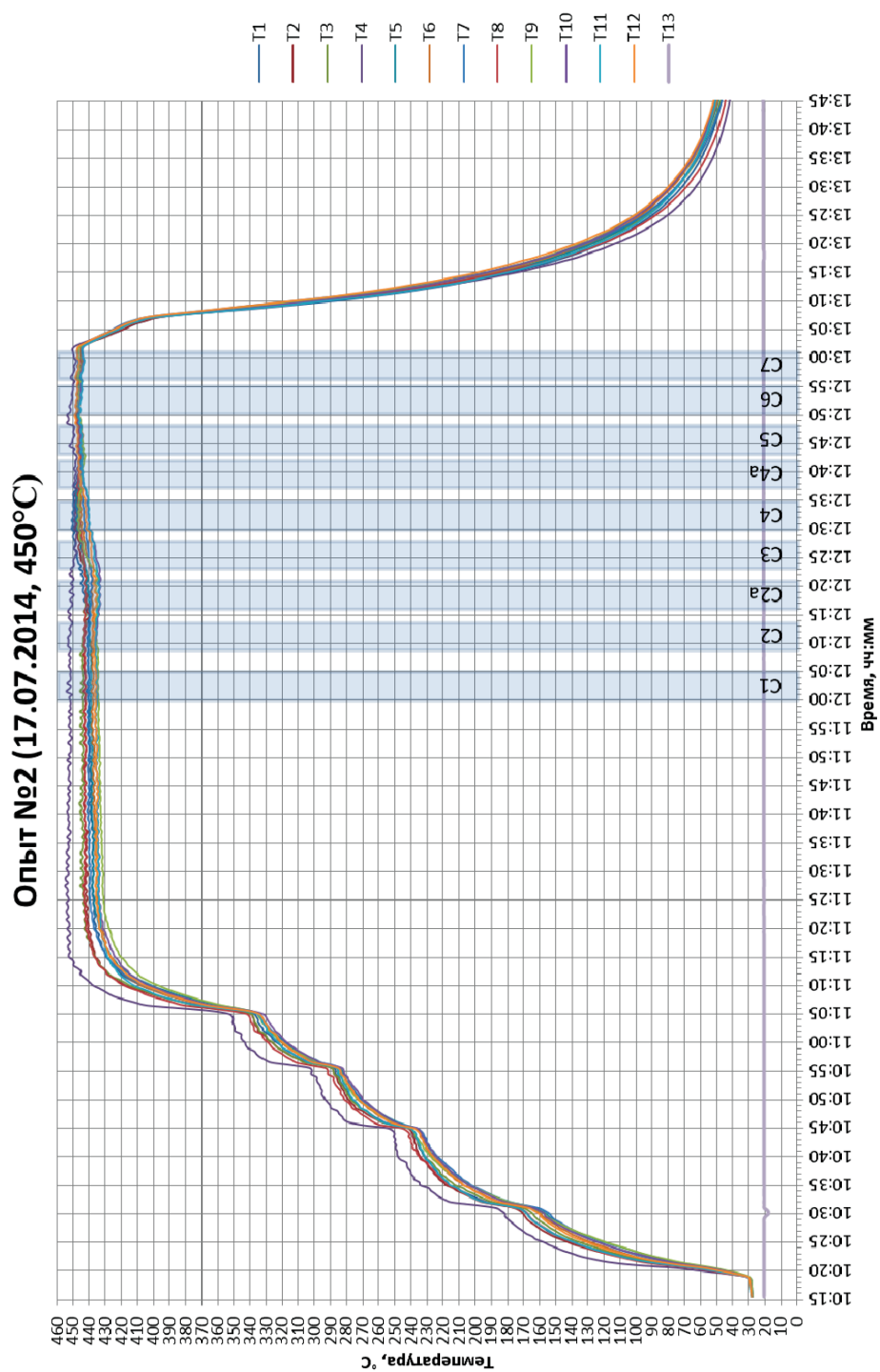


Рис. 3.

Опыт №3 (21.07.2014, 650°C)

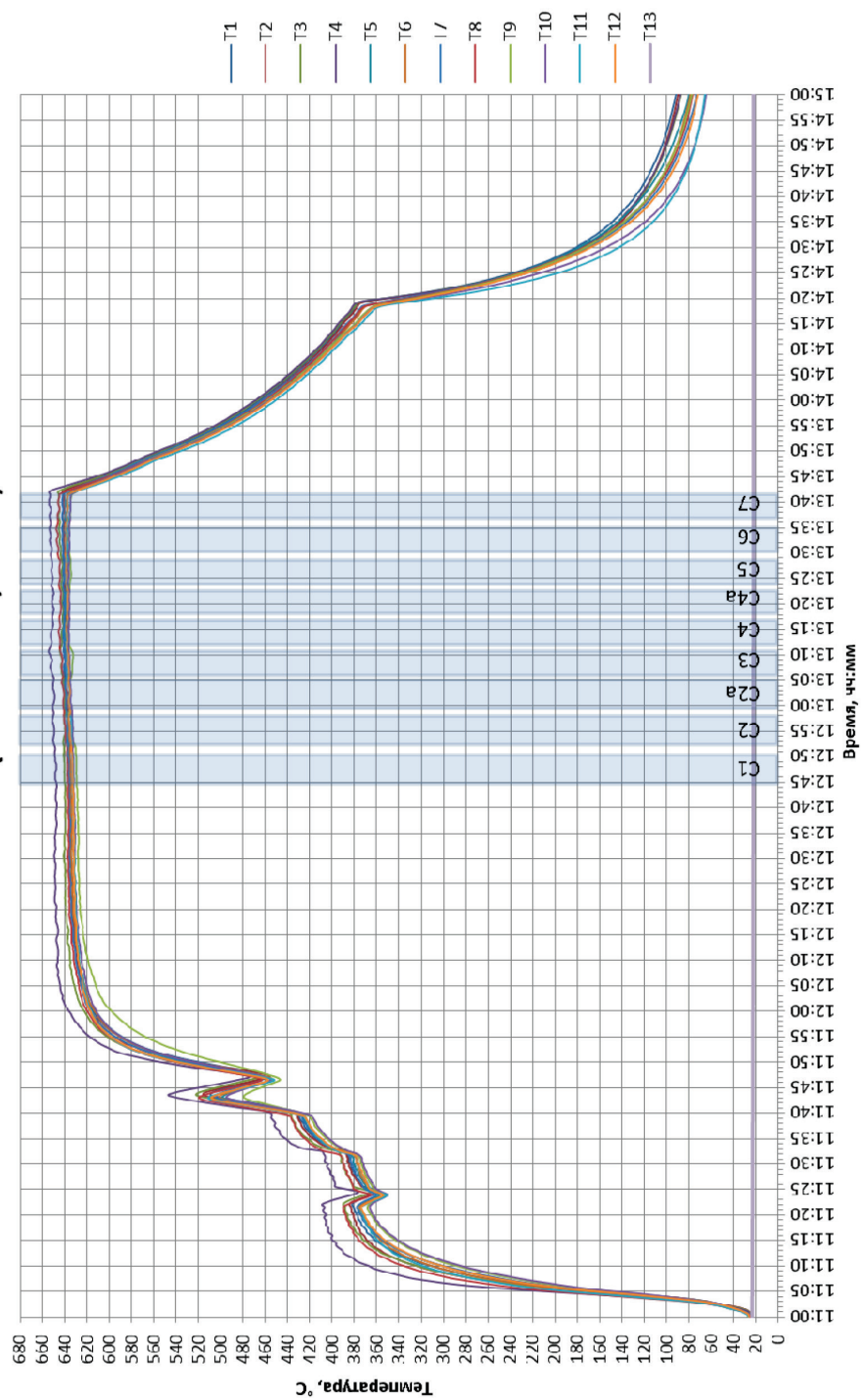


Рис. 4.

На передвижной раме были закреплены 12 гибких термопар ТХК, что позволяет определять температуры в двенадцати точках любого поперечного сечения печи.

Термопары подключались к четырем цифровым регистраторам температуры «CENTER-309» (логгерам), которые размещались в термосе с двойной тепловой изоляцией и водяной рубашкой. Термос крепился к основанию рамы и находился в печи во время проведения эксперимента, что обеспечивало автоматическую регистрацию (1 раз в 30 с) температур во всех 12 точках. Дополнительно в термосе была размещена термопара № 13, которая фиксировала температуру внутри термоса во время проведения экспериментов. Температурное поле измерялось в характерных сечениях рабочего пространства печи.

Таким образом, испытания были проведены на трех режимах работы печи при температурах 200 °С, 450 °С и 650 °С.

Небольшое превышение средней по сечению температуры, зафиксированное термопарой № 4, объясняется нахождением данной термопары вблизи выхода струй газов из коллектора системы рециркуляции. Это превышение носит незначительный характер, при рабочих режимах в этой зоне садка не размещается.

По результатам эксперимента видно, что неравномерность температурного поля рабочего пространства печи на различных режимах работы печи составляет ± 7 °С. Также в экспериментах при максимальной температуре испытаний 650 °С фиксировались показания двенадцати стационарных термопар установленных на боковых стенах печи. При нахождении рамы с термопарами в контрольных сечениях С1, С4 и С7 отклонение показаний отдельных термопар от средней температуры рабочего пространства составляет от ± 3 °С до ± 6 °С. Таким образом, температурное поле в печи следует считать равномерным.